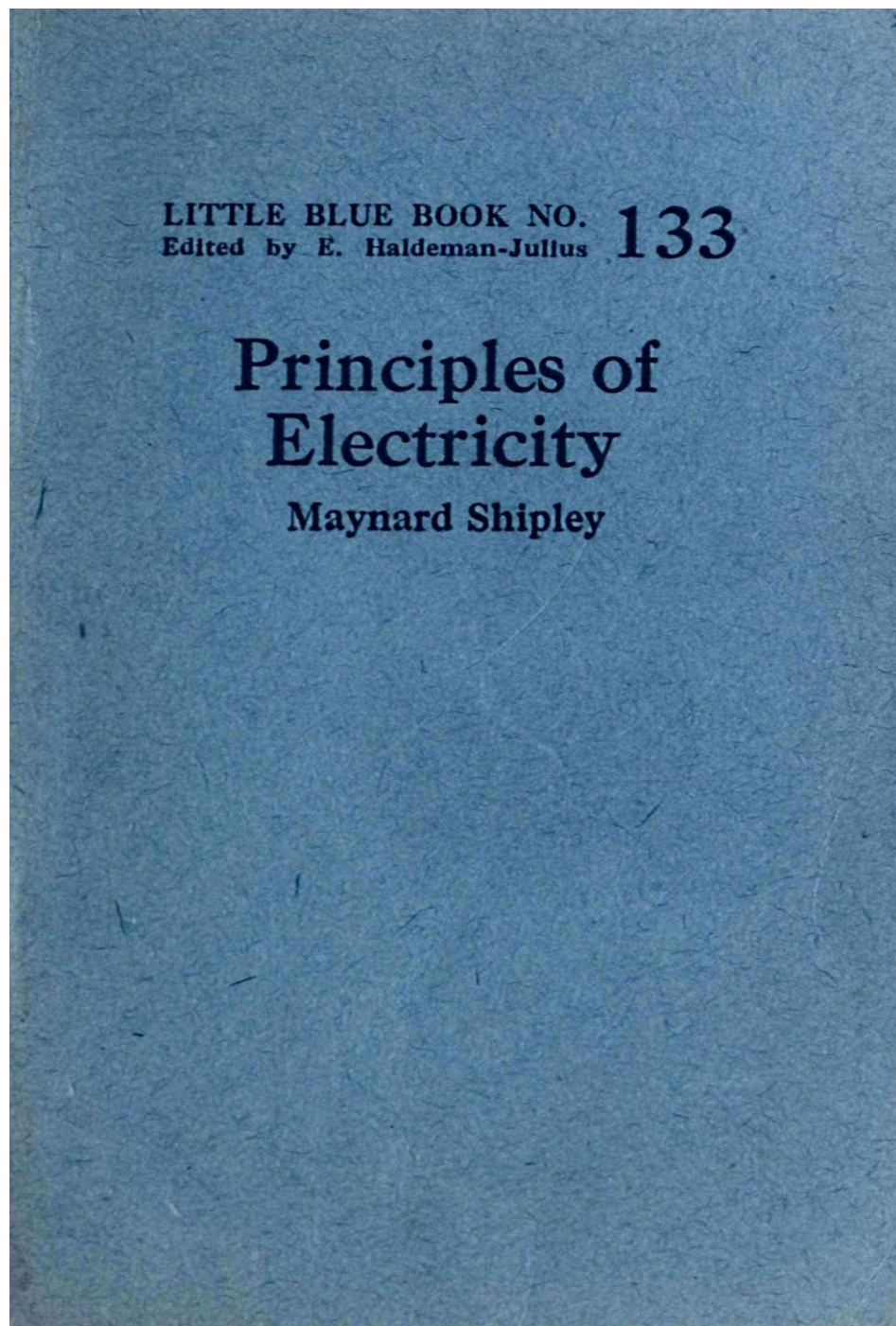


Принципы электричества

Мейнард Шипли



Электронная книга проекта Гутенберга по принципам электричества

Эта электронная книга предназначена для использования любым человеком в любой точке Соединенных Штатов и большинства других частей мира бесплатно и практически без каких-либо ограничений. Вы можете скопировать его, раздать или повторно использовать в соответствии с условиями лицензии Project Gutenberg, прилагаемой к этой книге, или онлайн по адресу www.gutenberg.org. Если вы находитесь за пределами Соединенных Штатов, вам необходимо ознакомиться с законами страны, в которой вы находитесь, прежде чем использовать эту электронную книгу.

Название: Принципы электричества

Автор: Мейнард Шипли

Редактор: Э. Холдеман-Джулиус

Дата выхода: 25 февраля 2025 г. [Электронная книга №75464]

Язык: Английский

Оригинальная публикация: Girard: Компания Холдемана-Джулиуса, 1925

Кредиты: Боб Тейлор, Тим Миллер и команда онлайн-корректоров по адресу <https://www.pgdp.net> (Этот файл создан на основе изображений, щедро предоставленных интернет-архивом)

*** НАЧАЛО ПРОЕКТА ЭЛЕКТРОННОЙ КНИГИ ГУТЕНБЕРГА "ПРИНЦИПЫ ЭЛЕКТРИЧЕСТВА" ***

МАЛЕНЬКАЯ СИНЯЯ КНИЖЕЧКА № 133

Под редакцией Э. Холдемана-Джулиуса

Принципы электричества

Мейнард Шипли

КОМПАНИЯ ХОЛДЕМАНА-ДЖУЛИУСА
ДЖИРАРД, КАНЗАС

Авторское право, 1925,
компания Холдемана-Джулиуса.

НАПЕЧАТАНО В СОЕДИНЕННЫХ ШТАТАХ АМЕРИКИ

Содержание

Глава	Страница
1. “Что такое электричество?”	5
2. Магнитные явления	13
3. Пионеры электромагнитной теории	19
4. Теории электричества	30
5. Современная магнитная теория	41
6. Доказательства того, что электроны являются атомами электричества	44
7. Открытие беспроводного телеграфа	55

ГЛАВА 1

“ЧТО ТАКОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО?”

Многие люди, не посвятившие времени изучению физики, задаются вопросом, что это за сила, которая движет трамвай вперед, вращая его колеса и в то же время снабжая пассажиров лампами накаливания (свет). Им, конечно, сказали, что используемая “мощность” - это “электричество”, вырабатываемое динамо-машинами “на электростанции” и передаваемое к быстро движущемуся автомобилю по воздушному проводу.

“Электричество: да, но что такое электричество?” Это естественный и совершенно законный вопрос для непрофессионала.

Ученые и философы задаются одним и тем же вопросом. Но они прекрасно понимают, что это все равно что спрашивать: “Что такое материя?” Весьма вероятно, что среднестатистический исследователь не задает вопрос “Что такое электричество?” в том же духе. Мы можем ответить на один вопрос не лучше, чем на другой, если конечная природа материи или электричества - это то, что имеет в виду исследователь.

Ведь материя, в конечном счете, есть электричество. И все же тот же человек, который мог бы спросить: “Что такое электричество?” не додумался бы спросить: “Что такое материя?” Он думает, что знает, что такое материя — его здравый смысл подсказывает ему, что *материя - это то, чем она кажется*. “Материя есть материя, и этому есть конец”.

И именно поэтому физик настаивает на своем исходящем из здравого смысла праве ответить: “Электричество есть электричество”. Это то, чем ему кажется. И это, по-видимому, форма *энергии или способ движения*.

Фалес, известный основатель греческой науки и философии, назвал бы электричество “душой вселенной”, потому что оно “наделяет все вещи движением”. Эта “душа”, пронизывающая всю материю — если не составляющая ее, — по своей природе всегда движется - она самодвижущаяся; движение является частью самой ее сущности. В магните, сказал Фалес, “он приводит в движение железо”.[1]

Как уже много раз говорилось ранее, Фалес был первым, кто обратил внимание на тот факт, что янтарь (окаменелая смола) при натирании шерстью обладает любопытным свойством притягивать мелкие частицы, такие как солома, сердцевина, ворсинка, сухие листья и т.д.; хотя нет оснований предполагать, что он был первооткрывателем этого явления. Он назвал янтарь *электроном*; и сегодня мы называем неделимые частицы, или естественные единичные заряды отрицательного электричества, *электронами* — истинными *атомами* электричества.

Но твердая резина, или сургуч, столь же “загадочна”, как и магнетит (природное магнитное железо). Натрите сургуч мехом, и он проявит все особые свойства магнита. Натрите стекло шелком, и оно тоже станет магнитом. Древнегреческие философы не могли объяснить эти явления в точных терминах.

Эмпедокл (родился между 500 и 480 годами до н.э.) объяснял притяжение железа к магниту, исходя из гипотезы, что “эманации” или “истечения” от магнита проникают в “симметричные поры” железа, притягивая само железо и прочно удерживая его. Понятие “электричество” было неизвестно грекам. Но возможно, что Эмпедокл имел в виду нечто подобное “истечению” или “эманации”, как “текущее” электричество Бенджамина Франклина (1706-1790) и его преемников.

Душевная сила (“движущая сила”) Фалеса — всегда движущаяся и вызывающая движение — и “излияния” Эмпедокла стали “силовым полем” Фарадея, сэра Дж. Дж. Томсона и сэра Оливера Лоджа. Самодвижущаяся “душа” природы, проявляющаяся в магните, или действующая на магнит, или на частицы, которые, как говорят, “притягиваются” магнитом, является всего лишь синонимом силовых линий магнитного поля современной физики. Фалес и Эмпедокл говорили на языке (терминологии) своего времени. “Эманации” Эмпедокла — это “корпускулы” Томсона - тело, становящееся положительно наэлектризованным из-за “потери некоторых своих корпускул” и, следовательно, способное притягивать к себе отрицательно заряженные частицы.

Электричество и магнетизм связаны, но не идентичны. Движущийся магнит может вызывать электрический ток в проводе, а электрический ток может вызывать магнетизм в железе. Конструкция телеграфных и телефонных приборов зависит от того факта, что электрический ток может производить магнетизм, а магнетизм может производить электрический ток.

Мы знаем *эффекты*, которые называем “электричеством”, точно так же, как мы знаем явления, связанные с живой протоплазмой, не зная, что такое “жизнь”. Возможно, что “жизнь” и “электричество”, а также “электричество” и “магнетизм” - это разные аспекты одного и того же.

Сегодня мы говорим словами доктора Чарльза П. Штайнмеца (“Теория относительности и пространство”, стр. 18-19):

“Пространство, окружающее магнит, представляет собой магнитное поле. Если мы наэлектризовываем кусочек сургуча, протирая его, он окружает себя диэлектрическим или электростатическим полем, и тела, восприимчивые к электростатическим силам, такие как

легкие кусочки бумаги, притягиваются. Земля окружена гравитационным полем, силовые линии которого расходятся радиально от земли. Если камень падает на землю, это происходит из-за того, что камень находится в гравитационном поле земли и подвергается его воздействию”.

Снова: —“Предположим, у нас есть постоянный стержневой магнит, и мы подносим к нему кусок железа. Он притягивается, или перемещается; то есть на него воздействует сила. Мы подносим кусок меди к магниту, и ничего не происходит. Мы говорим, что пространство, окружающее магнит, представляет собой *магнитное поле*. *Поле*, или *силовое поле*, мы определяем как "состояние в пространстве, оказывающее воздействие на тело, восприимчивое к этому полю". Таким образом, на кусок железа, способный к намагничиванию, то есть восприимчивый к магнитному полю, будет оказано воздействие; кусок меди, не способный к намагничиванию, не проявляет никакого действия.... Для создания силового поля требуется энергия, и эта энергия накапливается в пространстве, которое мы называем полем. Таким образом, мы можем пойти дальше и определить поле как *"состояние накопления энергии в пространстве, оказывающее воздействие на тело, восприимчивое к этой энергии"*.

Фалес сказал, что “божественная движущая сила”, душа природы, при определенных условиях “приводит в движение железо” благодаря таинственным свойствам магнита. Современная наука, позаимствовав у Аристотеля термин “*энергия*”, заменяет “душу природы” одним словом “энергия”. Аристотель утверждал, что “это не способность, а энергия ... является первым принципом, предшествующим и превосходящим все остальное” (Метафизика xii, 7: ср. также Физика ii, 9, 6).

Современная наука описывает более точными фразами то, что *происходит*, когда тело, восприимчивое к воздействию магнита, оказывается в непосредственной близости от магнита (магнетита). Это дает нам представление о “силовых линиях” (энергии) в определенном “поле”. Но это говорит нам о том, что такое *is* энергия, не больше, чем Фалес о своей “движущей силе”. Доктор Штайнмец говорит нам, что “энергия - это единственная реально существующая сущность, первичная концепция, которая существует для нас, потому что наши чувства реагируют на нее” (Указ. соч., стр. 23). Для Фалеса универсальная “движущая сила” природы действует *на* или *в* всей материи; для современного физика движущей силой (энергией) является материя — восприятие материи человеком является реакцией его органов чувств на вибрации энергии. “Все чувственные восприятия являются исключительно энергетическими эффектами”, а “энергия - единственная реально существующая сущность”.

Фалес мог рассматривать, а мог и не рассматривать космос как “материю” и “душу” или “движущую силу”. В любом случае досократовские ионийские философы не признавали различия между материей и душой в нашем современном понимании. Движущая сила природы (душа) была такой же материальной субстанцией, как и сама грубая материя, только более разреженной, более неуловимой. Это было эквивалентно “энергии” — электричеству — современной науки.

Итак, вот мы и получили ответ на вопрос: “Что такое электричество?” Это *энергия* — “единственная реально существующая сущность, первичная концепция, которая существует для нас, потому что наши чувства реагируют на нее”. “Все чувственные восприятия являются исключительно энергетическими эффектами”. Это ответ на вопрос: “Что такое волны Герца, используемые в ‘беспроводной связи’?” Это также ответ на вопрос: “Что такое свет?”, а также “Что такое электричество?”. Переноса объяснение луча света и электромагнитной волны

(подобной волне станции радиосвязи или волне, окружающей линию электропередачи) обратно к *энергетическому* полю (или, менее точно, силовому полю), мы возвращаем их, насколько это возможно, к фундаментальным или первичным концепциям человеческого разума, к восприятию органов чувств.

Все, что мы знаем о мире, получено из *восприятий наших органов чувств*, которые являются для нас единственными *реальными фактами*, все остальное является выводами из них; и “все чувственные восприятия являются исключительно *энергетическими* эффектами”.

Электричество - это энергетический эффект, воспринимаемый нашими органами чувств. Никакого другого определения или объяснения дать нельзя и не нужно, поскольку *энергия является первичной концепцией*. И это также объясняет, что такое материя, поскольку *энергия и материя* являются взаимозаменяемыми - или эквивалентными —терминами. То, что мы называем электричеством, является одним из *воздействий энергии* на наши органы чувств. Само по себе это *есть* энергия, вещество, из которого состоит материя; одновременно и “движущая сила”, и предмет движется.

Все, что можно было сказать сейчас о том, что *такое* электричество: в оставшейся части этого тома нашей заботой будет выяснить, что *делает* электричество и как оно действует.

Читатель этой небольшой книги, который, возможно, более или менее знаком с большими объемами, посвященными электричеству, энергии, электронам, электромагнитным волнам или колебаниям, магнитным и диэлектрическим полям (обычно комбинированным), световым волнам и т.д., заметит, что не было упомянуто о классической эфирной гипотезе, универсальном объеме, в котором, как говорят, накапливается энергия и в котором, как говорят, возникают поперечные волны света, атомы эфира или колебания, движущиеся под прямым углом (перпендикулярно) к световому лучу.

Итак, поперечные волны могут существовать только в твердых телах. Вселенский эфир пространства, упоминаемый в учебниках, должен — по причинам, которые мне нет необходимости здесь обсуждать, — быть твердым телом, жесткость которого намного превышает жесткость стали, и в то же время обладать очень большой эластичностью, так что тела (такие как планеты), движущиеся сквозь него, не встречают ни сопротивления, ни трения. Электронная теория Лоренца, Лармора, Томсона, Лоджа и других основана на предположении, что такая *емкость*, или среда, является реальной субстанцией. На самом деле, неизвестно, существует ли какая-либо такая среда (или эфир), и теперь признано, что, хотя свет является *волной*, периодическим явлением, подобным переменному току, это не обязательно волновое *движение* чего-либо или в чем-либо, так же как и не обязательно предполагать, что волна переменного тока или напряжения является движением материи.

Инженеры-электрики не делают никаких предположений относительно существования эфира, заполняющего все пространство и пронизывающего всю материю, — им не нужен эфир как гипотетический носитель электрической волны. И точно так же у современного физика нет реальной потребности в классическом предположении, что световая волна - это волновое движение чего-то очень жесткого, но в то же время очень эластичного и не имеющего трения, заполняющего все пространство. В настоящее время известно, что свет является высокочастотной электромагнитной волной, и его логически нельзя рассматривать как

волновое движение гипотетического эфира. “Таким образом, эфир исчезает, следуя флогистину и другим устаревшим концепциям”. [2] Как отмечает профессор А. С. Эддингтон в своем “Отчете по теории относительности тяготения” (1920), “Свет не вызывает электромагнитных колебаний; он *и есть* колебания”.

Мы ровным счетом ничего не знаем о так называемом пространственном эфире; но мы можем очень четко сформулировать “Принципы электричества” и без помощи этой гипотезы. [3]

СНОСКИ:

[1] Если легкий кусок железа поместить рядом с магнитом, он движется к магниту и прилипает к нему; но если магнит более легкий из двух тел, он движется к куску железа.

[2] Штейнмец, доктор Чарльз П., “Четыре лекции по теории относительности и пространству”, страницы 21-22, Лондон и Нью-Йорк, 1923. Смотрите лекцию II, “Выводы из теории относительности”, стр. 12-45. Смотрите также, Кэмпбелл, доктор Норман Р., “Современная теория электричества. Дополнительные главы: Теория относительности”, издательство Кембриджского университета, 1923.

ГЛАВА 2 МАГНИТНЫЕ ЯВЛЕНИЯ

Давным-давно было замечено, что если стекло натирать шелком, а кусок сургуча или твердую резину - мехом или шерстью, возникает эффект, подобный тому, который был отмечен Фалесом при натирании янтаря подобными материалами, то есть легкие тела, такие как кусочки сухой бумаги, сердцевина и т.д., Будут прилипать к поверхности вещества. После соприкосновения с притягивающим веществом кусочки бумаги, соломы и т.д. Затем отталкиваются.

Если шарик, сделанный из сердцевины, подвесить на конце шелковой нити, а стеклянную палочку, которую только что натерли шелком, поднести поближе к шарiku, то сердцевинный шарик немедленно подлетит к стержню, некоторое время цепляясь за него. Затем он отскакивает в сторону, и вместо того, чтобы висеть вертикально, кажется, что его отталкивает от стекла таинственная сила. Второй шар, обработанный так же, как первый, и поднесенный близко к первому, сильно отталкивается. Но если один шар заряжен от стекла, а другой - от воска, они притягиваются, а не отталкиваются друг от друга. Два куска стекла или два куска воска отталкиваются друг от друга.

Аналогичное притяжение и отталкивание ранее наблюдалось между полюсами магнита. Это влияние, по-видимому, передается каким-то невидимым посредником через пространство, разделяющее тела, и в этом отношении сила не отличается от силы, действующей между Луной и землей или землей и солнцем. И точно так же, если легкий кусок железа поместить рядом с магнитом, он движется к магниту и прилипает к нему; но если магнит является более легким из двух тел, он движется к куску железа.

Хотя Фалес пытался объяснить причину или природу магнитного притяжения еще в конце седьмого века до нашей эры, или в первой четверти шестого века (около 2500 лет назад), только в 1582 году нашей эры доктор Уильям Гилберт (1540-1603) из Колчестера, врач королевы

Елизаветы, провел первое экспериментальное исследование магнитных явлений. Именно доктору Гилберту мы обязаны названием *электричество* применительно к этой силе, полученным из его книги "vis electrica".

К 1600 году доктор Гилберт опубликовал свой эпохальный труд "О магнетизме", который не только содержал первое рациональное объяснение магнитных и электрических явлений, но и был практически первой научной работой, опубликованной в Англии. Именно к этому поистине великому трактату следует отнести зачатки науки об электричестве.[4]

Отбросив, как бесполезные, простые философские рассуждения о природе магнитов, Гилберт объяснил в своей книге, как следует проводить практические эксперименты. Он настаивал на том, что именно к самой природе мы должны обращаться за ответами на задачи из "естественной истории". Однако особой целью Гилберта не было открытие законов магнетизма или электричества; то, что он больше всего хотел узнать, было *состав земли*: посредством реальных исследований он хотел узнать, каково ее внутреннее строение. Его эксперименты привели его к выводу, что *земля является магнитом*. Его действительно можно считать огромным сфероидальным магнитом.

Гилберт посоветовал своим читателям взять кусок магнита (природного магнитного железа) удобного размера, обточить его на токарном станке до формы шара, затем поместить на *тереллу* (так он назвал сферический магнит) кусок железной проволоки. Затем будет замечено, что концы проволоки "движутся вокруг ее средней точки".[5]

Магнетиты, фрагменты магнетита (Fe_3O_4), как говорят, были впервые обнаружены в Магнезии, в Малой Азии, — отсюда и слово *магнетизм*. Некоторые из самых ранних упоминаний магнита связаны с его свойством лежать в направлении север-юг, когда продолговатый камень свободно подвешен, причем один конкретный конец всегда направлен на север, точно так же, как великий магнит земля или стрелка компаса моряка имеют два противоположных магнитных полюса. Расположение полюсов камня в форме диска легко определить, повернув его при наличии стрелки компаса.[6]

Железо и сталь обладают более сильными магнитными свойствами, чем любые другие металлы. В то время как только один вид железной руды является естественно магнитным — образующие магниты - свойство магнетизма всегда может быть присуще любому виду железа или стали. Нужно только ударить по железному бруску, когда он лежит в положении север-юг, или потереть железо магнитом, и оно станет магнитом. Если требуется изготовить *постоянный* магнит, необходимо использовать сталь. Поэтому стрелка компаса изготавливается из намагниченной стали. Если уравновесить стрелку на оси вращения, положительный полюс стрелки будет указывать (примерно) на северный географический полюс Земли.[7]

Стрелка компаса также является "погружающейся иглой", если только подвешенная намагниченная стрелка не находится примерно на полпути между магнитными полюсами Земли. Северный магнитный полюс находится под поверхностью Земли — на неизвестной глубине — в крайнем северо-восточном углу континента Северная Америка; а соответствующий южный магнитный полюс находится на краю антарктического континента — Земли Короля Георга - примерно в 2300 милях к югу от Австралии. Эти магнитные полюса даже приблизительно не соответствуют географическим полюсам, а магнитный экватор никоим образом не соответствует географическому экватору.

Только небольшой участок магнитного экватора проходит к северу от истинного (географического) экватора — например, от побережья Бразилии до побережья Камеруна (Африка).

По словам профессора Т. Дж. Дж. Си, “вся магнитная система была сдвинута к югу на 200 миль в результате физического смещения обоих полюсов в сторону океанического полушария”. Этот выдающийся физик-астроном также заявил (в 1922 году), что его исследования привели его к открытию, что два магнитных полюса находятся на неодинаковой глубине в земле, северный полюс намного глубже Южного, “в результате чего суммарные магнитные силы в южном полушарии значительно сильнее, чем в северном полушарии”.^[8]

Давным-давно было обнаружено, что если двигаться на север от магнитного экватора, стрелка компаса вскоре начинает опускаться вниз (и в северном направлении). На южной границе Соединенных Штатов наклон вниз составляет около 57 градусов. На границах Северной Дакоты и Мэна наклон составляет около 76 градусов. К моменту достижения Гудзонова залива стрелка принимает вертикальное положение. Это означает, что здесь она подвешена непосредственно над самым северным магнитным полюсом. На магнитном экваторе в Перу иголка, подвешенная на нитке, точно сбалансирована. Доктор Си утверждает, что на Северном и Южном полюсах магнитное притяжение составляет всего одну миллионную силы тяжести, в то время как в Перу общая магнитная сила составляет ровно одну десятимиллионную силы тяжести.

Было обнаружено, что и Северный, и Южный полюса находятся далеко не в фиксированном положении. Они “блуждают в своей подземной области”. На протяжении веков стрелка компаса поворачивается с запада на север, а затем на восток. Даже величина падения медленно меняется периодическим образом в каждой точке земли. Например, в 1576 году северный конец стрелки в Лондоне опустился под углом 71 градус за 50 минут. К 1720 году угол увеличился до 74 градусов за 42 минуты — почти вверх и вниз. С тех пор наклон у Лондона постоянно уменьшался. В настоящее время мы озадачены тем фактом, что наклон падения составляет 66 с половиной градусов в Лондоне и более 70 градусов в Вашингтоне.

Давно известно, что изменения магнитного склонения изящно расположенных игл в обсерваториях напрямую коррелируют с солнечными возмущениями. Покойный доктор А. Вулфер (бывший директор Цюрихской обсерватории) был первым, кто показал нам, насколько точно кривая активности солнечных пятен поднимается и опускается в зависимости от колебаний магнитного склонения.

Прежде чем попытаться объяснить особенности магнитного воздействия в терминах современной электромагнитной теории, неплохо было бы вспомнить определенные этапы прогресса в развитии этой теории. Этот план позволит разъяснить саму теорию “простыми шагами”.

СНОСКИ:

^[3] Ср. Уиттакер Э. Т., “История теорий эфира и электричества от эпохи Декарта до конца Деятнадцатого века”, Дублин и Лондон, 1910. Смотрите также, Комсток и Троланд, “Природа материи и электричества”, Нью-Йорк, 1917; Стейнмец, доктор Чарльз П., “Элементарные лекции об электрических разрядах, волнах, импульсах и других переходных процессах”, Нью-Йорк, 1914; и Старлинг, доктор Сидней Г., “Электричество”, Лондон и Нью-Йорк, 1922.

[4] На Континенте благодаря гению Декарта, Галилея и других основоположников современной науки уже велись экспериментальные работы в других областях. Гилберт, как и Харви, провел несколько лет в Италии, оказавшись под непосредственным влиянием великого итальянского физика, астронома и врача Галилея. Харви был в Падуе (1598-1602) во время профессорства Галилея. Внедрение научных методов в Англии в это время вполне можно отнести на счет итальянского и французского влияний.

[5] Книгу Гилберта обычно называют просто “Магнит”, но полное название таково: “О магните и магнитных телах и о Великом магните Земле: новая естественная история (физиология), продемонстрированная многими аргументами и экспериментами”.

[6] Магнетит не всегда обладает полярностью. Его называют “магнитом” только тогда, когда он обладает полярностью. Он встречается не только в виде более или менее массивных камней, но и в виде рыхлого песка и в земляных формах.

[7] Тот факт, что магнит обладает двумя “полюсами”, был обнаружен в тринадцатом веке Петрусом Перегринусом из Пикардии, когда он экспериментировал со сферическим магнитом и иглой.

[8] Из записей, сделанных на лекции доктора Си перед калифорнийской академией наук в 1922 г. Доктор Си, возглавляющий Военно-морскую обсерваторию США на острове Маре (Калифорния), выступил с лекцией “Новая теория эфира”, в которой он изложил основания, на которых он основал свою новую теорию прямой связи между магнетизмом и всемирным тяготением. В этой связи чрезвычайно интересно узнать, что доктор Альберт Эйнштейн в сотрудничестве с профессором Эддингтоном (Кембридж), работая над принципом относительности, обнаружил связь между силой притяжения Земли (гравитацией) и электричеством.

ГЛАВА 3 ПИОНЕРЫ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ТЕОРИИ

Датский физик Ханс Кристиан Эрстед, профессор естественной философии Копенгагенского университета, более века назад показал нам, что магнитную стрелку можно отклонять электрическим током. Теоретические соображения привели его к предположению, что между электрическими и магнитными силами должна существовать корреляция. Будучи еще молодым человеком, Эрстед настойчивыми экспериментами пытался доказать правильность своей теории. Хотя он и не ожидал параллельного действия этих двух сил, он был твердо убежден, что магнетизм и электричество - неразделимые близнецы.

Он отметил, что при нагревании до накала проводник излучает как тепло, так и свет. Он также предположил, что магнитные силы излучаются проводником, по которому проходит электричество.

В 1820 году, читая лекцию перед своим классом, он убедился, что аппарат, который он тогда использовал, может быть создан для демонстрации правильности его взглядов. Он попросил своих учеников пройти с ним в лабораторию, где, как он и предсказывал, было обнаружено небольшое отклонение магнитной стрелки, повернутой под прямым углом к электрическому

току, когда ее поднесли вплотную к медному проводу. Несколько месяцев спустя, используя более сильный ток (состоящий из двадцати элементов), он получил гораздо более интенсивные эффекты. Детально исследовав их, он обнаружил, что они отвечают всем требованиям его теории. Итак, 21 июля 1820 года он разослал научному миру свой ныне знаменитый циркуляр *“Experimenta circa effectum conflictus electrici in acum magneticum”* (Эксперименты по эффекту электрического конфликта в магнитной стрелке).

Кроме того, Эрстед показал, как изменялось положение магнитной стрелки при изменении положения проводника (медной проволоки) по отношению к ней. Он продемонстрировал также, что магнитный эффект не ослабляется изоляторами - что он проникает в различные материалы, независимо от того, являются ли они проводниками электрического тока или нет. Он показал, что магнитное поле, создаваемое электрическим током, не оказывает никакого влияния на иглу из немагнитного материала, то есть латуни, стекла и т.д. На самом деле магнетизм отличается от электричества главным образом тем, что его нельзя изолировать. Он будет свободно проходить через воздух, камень, слюду, стекло, глину, кирпич или любой изоляционный материал.

Особого упоминания заслуживает тот факт, что Эрстед использовал термин *“conflictus”* для обозначения электрического тока за много десятилетий до возникновения электронной теории вещества. Ибо, согласно современным теориям электричества, именно движение электрических частиц (электронов) взад и вперед по проводнику и их столкновение (*“conflictus”*) вызывает то, что мы называем электрическими явлениями.

Фундаментальное открытие Эрстеда о взаимных эффектах электричества и магнетизма привело к дальнейшим открытиям, которые сделали возможным создание телеграфных и телефонных приборов, поскольку они зависят от того факта, что *электрический ток может вызывать магнетизм, а магнетизм может вызывать электрический ток.*

Если мы намотаем на железный стержень несколько витков изолированного провода и позволим электрическому току проходить через катушку, стержень станет сильным электромагнитом. Но он остается магнитом только до тех пор, пока проходит ток. Итак, магнитные эффекты, получаемые с помощью электромагнита, идентичны тем, которые получаются с помощью постоянного магнита — такого, как знакомый подковообразный магнит, который обычно можно увидеть на маховике автомобиля Ford или в обычном телефонном генераторе для вызова “Централи”. В случае с телеграфным аппаратом важно, чтобы утюг служил временным магнитом. С другой стороны, постоянный магнит является неотъемлемой частью каждой телефонной трубки Bell. Это постоянство обеспечивается использованием стального бруска вместо куска железа — временного магнита.

Мощность, вырабатываемая динамо—машиной - или электрическим генератором - зависит от того факта, что когда магнит помещается в проволочную катушку, только кратковременный электрический ток проходит по проводу в одном направлении. Если вынуть магнит, ток начинает течь в противоположном направлении. Медная проволока, намотанная на железный сердечник, образует “якорь” динамо-машины. Говорят, что вращающиеся катушки “отключают магнитное поле”. На этом принципе электричества вырабатываются мощные электрические токи, обеспечивающие “питание” электродвигателей в электромобилях, лифтах, музыкальных инструментах и т.д., А также электрических ламп — ламп накаливания и дуговых.

Динамо-машины могут содержать либо постоянные магниты, либо электромагниты. Они создают магнитное поле, в котором вращается "якорь" или проводник — катушки проволоки, намотанные вокруг железного сердечника. Машину с постоянными магнитами обычно называют *магнето*, и она никогда не изготавливается больших размеров. Ток для электромагнитов может быть полностью получен от внешнего источника, или часть тока, который он генерирует, может быть использована для этой цели. Ток, генерируемый в обмотке якоря, является переменным, но при желании может быть преобразован в постоянный с помощью *коммутационного устройства*; в противном случае он передается в линейную цепь с помощью *коллектора* или контактных колец и щеток.

Мы многим обязаны нашим знаниям о магнетизме и электричестве Майклу Фарадею (1791-1867), который блестяще осветил всю область этих наук. Фарадей был известен как химик и как экспериментатор в области электричества и магнетизма.

Эрстед показал, что магнетизм может быть вызван электрическим током, но Фарадею оставалось производить электрический ток с помощью магнитного "силового поля", закладывая таким образом фундамент для тех современных отраслей промышленности, которые черпали движущую силу для своих машин из гигантских динамо-машин наших "электростанций".

Но здесь я должен представить несколько фактов, касающихся вклада в электрическую теорию и практику великого французского математика и физика Андре Мари Ампера (1775-1836). Его открытия в области электродинамики во многом помогли заложить широкий фундамент для этой науки. Очень заметным было влияние, оказанное Ампером на развитие электродинамики. И именно он первым четко установил тот факт, что магнитное воздействие является своеобразной формой электродвижущего действия и что в явлениях этого класса "действие и противодействие равны и противоположны".

Исходя из этих соображений, для него было естественно предположить, что магнетизм может быть использован для производства электричества, поскольку уже было показано, что электричество может быть создано для имитации всех эффектов магнетизма. Были предприняты многочисленные попытки добиться этого предсказанного результата, но в течение нескольких лет все эти усилия оказывались бесплодными.

Тем временем французский физик и астроном Франсуа Араго (1785-1853) также проводил эксперименты с целью получения электричества с помощью магнетизма. Один из его экспериментов действительно включал искомый эффект, но он не был четко распознан. Араго заметил, что быстрое вращение проводящей пластины по соседству с магнитом приводит к возникновению силы, действующей на магнит. Но ни Араго, ни другие физики того времени не признавали, что задействованные силы были электрическими токами, создаваемыми быстро вращающейся проводящей пластиной.

Фарадей в 1831 году, после нескольких лет занятий другими проблемами, вернулся к своей задаче открытия электродинамической индукции, начатой в 1825 году. После ряда бесплодных усилий он, наконец, был вознагражден успехом, но не в той форме, которая ожидалась. Было замечено, что в точный момент замыкания контакта, замыкающего гальваническую цепь, в соседнем проводе возникал мгновенный эффект, который, однако, мгновенно исчезал.^[9]

Затем Фарадей обнаружил, что аналогичный эффект может быть вызван простым перемещением провода ближе или дальше от замкнутой цепи — вместо внезапного замыкания контакта “индуцирующей цепи”. Позже он обнаружил, что эффект усиливался из-за близости мягкого железа, и что когда на мягкое железо воздействовали обычным магнитом вместо вольтовой проволоки, тот же эффект все еще повторялся. Кратковременный электрический ток вырабатывался либо перемещением магнита, либо перемещением проволоки относительно магнита. Наконец, было обнаружено, что сама земля может быть заменена магнитом не только в этом эксперименте, но и в других. Простое движение проволоки при надлежащих условиях производило нужный эффект.

Итак, вот истинное объяснение эксперимента Араго: при быстром вращении пластины мгновенный эффект становился непрерывным. Без использования магнита вращающаяся пластина превращалась в электрическую машину. Было обнаружено, что вращающийся глобус обладает электромагнитным действием, причем цепь замкнута в самом глобусе без добавления какого-либо провода. Позже Фарадей обнаружил, что простое движение проволоки гальванометра производит электродинамический эффект на стрелку.^[10]

Между тем Ампер, “благодаря сочетанию математических навыков и экспериментальной изобретательности, сначала доказал, что два электрических тока действуют друг на друга, а затем проанализировал это действие как равнодействующую системы толкающих сил между элементарными частями этих токов”.^[11]

Эрстед показал, что электрические токи оказывают определенное воздействие на магниты без фактического контакта, а Ампер продемонстрировал, что магниты, в свою очередь, могут быть дополнены электрическими токами, — магнитная стрелка отклоняется не только током, проходящим по проводу, но и другим магнитом, находящимся поблизости, и двумя электрическими токами, действующими друг на друга на расстоянии, — теперь возник вопрос о том, можно ли свести электрическое притяжение и отталкивание к действию на расстоянии, пропорциональному обратному квадрату расстояния.

Еще в 1773 году Генри Кавендиш (1731-1810) — один из выдающихся химиков и экспериментаторов своего времени — экспериментальным путем дал утвердительный ответ на этот вопрос.^[12] Кулон (1736-1806) — изобретатель торсионных весов — показал, что весомая материя, заряженная электричеством, следует той же формуле притяжения и отталкивания, что и тяготеющие тела. Пуассон (1781-1840) разработал сложную математику жидкостей, приводимых в действие силами отталкивания, зависящими от обратного квадрата расстояния. Лаплас (1749-1827) очень рано убедился в том, что действие весомых веществ, по которым протекают электрические токи, может быть сведено к действию на расстоянии, пропорциональном обратному квадрату составляющих электрического тока.

Фарадей рассматривал электрическое поле как состоящее из электрических силовых линий, находящихся в состоянии напряжения и естественным образом отталкивающих друг друга. Для него, как и для ряда его современников, идея “действия на расстоянии” была отвратительна; хотя на такую возможность, казалось, указывало действие гравитации — отношение сил между двумя заряженными телами к расстоянию между ними было очень похоже на отношение сил притяжения между двумя телами к расстоянию между ними. Но Фарадей, как и великий Декарт задолго до него, отверг теорию действия на расстоянии в пользу “действия через посредника”.

Ампер искал какой-то механизм для передачи электромагнитных токов. Его собственные открытия и открытия Эрстеда привели его к формулировке гипотезы о том, что поле вблизи магнитного тела создается рядом чрезвычайно малых круговых токов, которые не затухают внутри молекул или вокруг них, и что намагничивание состоит просто из приведения этих молекулярных токов в параллельное направление. Но некоторым физикам, даже во времена Ампера, было трудно принять гипотезу о неизменяемых токах, *не обладающих сопротивлением*.

Если мы переведем идею “молекулярных токов” Ампера на современный язык, заменив эти молекулярные токи электронами, вращающимися в атомах, то можно показать, что великий французский ученый был по существу прав в своих предположениях. В 1915 году доктор Альберт Эйнштейн и У. Дж. де Хаас поразили мир физиков, экспериментально показав — с помощью самой хитроумной аппаратуры, — что “молекулярные токи”, или вращающиеся электроны, действительно существуют.

В 1919 году профессору Крамерлинг-Оннесу из Лейденского университета удалось создать то, что он назвал *имитацией амперных токов*, то есть “неослабевающими токами, не создающими сопротивления”. Было продемонстрировано, что сопротивление чистого золота и чистой платины очень мало отличается, если вообще отличается, от нуля при низких температурах. Но проволоку из этих металлов абсолютной чистоты получить трудно, поэтому для экспериментов была выбрана ртуть. Сопротивление металла при самой низкой достижимой температуре сжиженного гелия, $-271,5^{\circ}\text{C}$, (при давлении 3 мм ртутного столба), оказалось неизмеримо малым. Сопротивление упало до отметки чуть ниже $4,2^{\circ}\text{K}$. (абсолютная шкала Кельвина), внезапно упав с измеримой величины до практически нулевого значения. Было обнаружено, что наведенный ток оставался в состоянии циркуляции и что уменьшение силы тока составляло менее 1 процента в час, из чего следовало, что “время расслабления” должно составлять более четырех дней!^[13]

При абсолютном нуле температуры предполагается, что орбиты электронов в атомах представляют собой идеальные окружности, какими бы ни были их траектории при измеряемых температурах. Это движение электронов сохраняется, когда исчезает все тепло, поскольку не это движение вращения электронов по их орбитам связано с энергией тепла. Тепло - это способ движения самих атомов, а не содержащихся в них электронов; хотя увеличение тепла, несомненно, приводит к увеличению средней орбитальной скорости электронов.

Во всяком случае, со времен Ампера мы узнали, что электрический ток означает движение электронов либо от атома к атому, либо между атомами по проводникам. В 1920 году лорд Кельвин пришел к выводу, что при абсолютном нуле сопротивление металлов должно быть бесконечно велико, а степень диссоциации электрона, по его предположению, равна нулю в нулевой час. Он полагал, что если бы остались свободные электроны, они потеряли бы свою способность двигаться, конденсируясь подобно пару на атомах металла и быстро примерзая к ним (позаимствовав фразу Камерлинг-Оннеса). Эксперименты знаменитого голландского физика показывают, что сопротивление металлов уменьшается с понижением температуры и, вероятно, достигло бы абсолютного нуля при использовании идеально чистой платиновой проволоки. Если это правда, то будет ли электрический ток, однажды возникший в проводнике, продолжаться вечно?

СНОСКИ:

[9] Философские труды, стр. 127, 1832; Первая серия, статья 10.

[10] Одним из первых экспериментаторов-электриков, разработавших прибор, известный как “гальванометр”, был профессор Швайггер из Галле. В настоящее время используется восемь или более разновидностей этого инструмента (или аппаратов). Это позволяет исследователю измерять чрезвычайно незначительные электродинамические воздействия или самую слабую интенсивность электрического тока, а также определять его присутствие или направление, обычно по отклонению магнитной стрелки.

[11] Максвелл, Клерк, “О действиях на расстоянии”, (Научные статьи, том. II, стр. 317).

[12] Научные статьи Кавендиша были опубликованы (в 1879 году) под названием “Электрические исследования достопочтенного Дж. Генри Кавендиш” под редакцией клерка Максвелла. Кавендиш предвосхитил многие более поздние исследования британских и континентальных авторов, включая закон Ома, то есть пропорциональность между электродвижущей силой и током в одном и том же проводнике; и предвосхитил также открытие Фарадеем удельной индуктивной способности различных веществ, даже измерив ее численное значение для нескольких веществ. Он также пришел к понятиям электрической мощности и “потенциала”.

[13] See Die Naturwissenschaften (Berlin), January 28, 1921.

ГЛАВА 4 ТЕОРИИ ЭЛЕКТРИЧЕСТВА

Наука об электричестве основана на наблюдении тех явлений притяжения и отталкивания, которые понимаются под термином *электростатика*. Статическое электричество, названное так от греческого слова (statikos), что означает “заставляющее стоять”, также называемое *электричеством трения*, — это электричество неподвижных зарядов, вызванное трением друг о друга непохожих тел, таких как стекло и шелк (отмечено в главе II). В таких случаях всегда образуются равные и противоположные заряды электроэнергии. Однако термин *статическое электричество* надлежащим образом применяется ко всем электричествам от стационарных зарядов, каким бы образом они ни производились.

Электричество, действующее на поверхность стекла, называется положительным электричеством; электричество, действующее на резину, - отрицательным. Когда шелк трет о стекло, он получает отрицательный заряд от стекла и придает шелку положительный заряд. Шерсть или мех, натертый на воск или резину, получает положительный заряд в обмен на отрицательный; “всегда образуются равные и противоположные заряды электричества”. Кусок стекла и кусок шелка притягиваются друг к другу; два куска шелка или два куска стекла или воска отталкиваются друг от друга, потому что положительно заряженное тело притягивается одним отрицательно заряженным и отталкивается одним отрицательно заряженным, и наоборот. Кусочек стекла, натертый кусочком шелка при подходящих условиях, притягивает любое другое тело, с которым он не соприкасался. Кусочек шелка сделает то же самое. Во всех

этих случаях притяжение или отталкивание ослабевает с увеличением расстояния между притягивающим и отталкивающим телами.

Третье тело, находившееся в контакте с куском стекла или шелка, приобретает в некоторой степени свойства стекла или шелка, с которыми находилось в контакте третье тело. И, наоборот, стекло или шелк, с которыми соприкасалось третье тело, притягивает или отталкивает с меньшей силой, чем раньше. Если провести рукой по поверхности предмета после того, как он был заряжен электричеством, электричество исчезает. Оно было проведено через руку и тело к земле. Это явление показывает, что человеческое тело является *проводником* электричества. Но большинство металлов являются гораздо лучшими проводниками. Влажный воздух и влажная древесина являются довольно плохими проводниками, в то время как сухой воздух, сухое дерево, фарфор, стекло, твердая резина и сургуч являются *непроводниками* или *изоляторами*.

Термин *диэлектрик* используется предпочтительнее, чем *изоляция*, когда речь идет о свойстве передавать *индукцию* - процесс, совершенно отличный от обычной передачи электрического тока. При *электростатической индукции* электростатически заряженное тело индуцирует в соседнем проводнике аналогичный заряд в частях, наиболее удаленных от заряженного тела, и непохожий заряд в более близких частях; подобный отталкиваемый заряд удаляется путем мгновенного соединения любой части проводника с землей, в то время как связанный непохожий заряд распространяется по всей поверхности проводника и остается там, даже когда индуцирующее тело удаляется или его заряд нейтрализуется, если проводник должным образом изолирован.

Диэлектрическая прочность относится к способности изоляционного материала сопротивляться разрыву под действием высокого напряжения, измеряемой напряжением, необходимым для проведения через него разрушающего разряда. *Сопротивление изоляции*, с другой стороны, относится к *омическому* сопротивлению *оказываемому* изоляционным материалом на приложенное напряжение, которое имеет тенденцию вызывать обрыв тока через него. Термин *диэлектрик* используется как синоним *изолятора* в том смысле, что заряд на одной части непроводника не передается ни на какую другую часть. Заряд, передаваемый проводнику, распространяется на все части тела. Диэлектрик обладает свойством передавать электрическую силу посредством *индукции*, но не посредством *проводимости*. Заряд на одной части непроводника или диэлектрика не передается ни на какую другую часть.

Джинс предполагает, что, поскольку наличие магнитной энергии всегда связано с движущимися зарядами, тогда как электростатическая энергия присутствует, когда все заряды находятся в состоянии покоя относительно друг друга, может быть уместно отождествлять электростатическую энергию с потенциальной энергией, а магнитную энергию с кинетической энергией [14] — т. е. энергию, обусловленную движением частиц, а не энергией положения, как у свернутой пружины.

Статическая энергия отличается от “текущего электричества” тем фактом, что она накапливается на различных телах — накапливается - и как только устанавливаются надлежащие соединения, мгновенно разряжается. Статическое электричество используется врачами при лечении заболеваний электрическим током и в рентгенологических

исследованиях. Были сконструированы машины, которые будут производить очень сильные заряды статического электричества.

Если на изолированном проводнике электрической машины накапливается достаточно большой заряд электричества, он в конце концов разряжается, проходя по воздуху к ближайшему телу. Вспышка молнии является результатом избыточного заряда статического электричества, накопленного на частицах облака, и может переходить от облака к облаку или опускаться на землю.[15] Осторожные водители автоцистерн позволяют железной или стальной цепи тянуться по проезжей части от металлического соединения, которое отводит излишки “статики” на землю. Неспособность предусмотреть такую чрезвычайную ситуацию иногда приводит к ужасающему взрыву с последующей гибелью людей.

Примерно в начале девятнадцатого века итальянский ученый Алессандро Вольта (1745-1827) и другие физики открыли то, что было названо в честь Вольты *вольтовым электричеством*, током, генерируемым химическим взаимодействием между металлами и различными жидкостями, как это устроено в вольтовой батарее. Термин “вольт” — электродвижущая сила, которая совершает работу со скоростью один джоуль в секунду (один ватт) при производстве тока в один ампер — был получен аналогичным образом.

Стало известно, что если два разных металла, таких как амальгама меди и цинка, поместить в раствор слабой кислоты (например, одну часть H_2SO_4 к четырем частям H_2O) и соединить проволокой, надежно прикрепленной к металлам, электрический ток (около двух вольт) пройдет через проволоку. Вместо двух металлов можно использовать углерод (неметалл) и металл, на который раствор действует химически. Между жидкостью и одним металлом должно происходить химическое взаимодействие, иначе тока не будет. Такая комбинация образует *элемент*, а два или более элемента образуют *батарею*. Ток начинается с цинка, подводится раствором к меди, а оттуда по проводу обратно к цинку, замыкая *цепь*. Цинк образует отрицательный полюс (или электрод), медь или углерод — положительный полюс (или электрод).

Часто используемый элемент, где требуется слабая (около 1,1 Вольта), но постоянная электродвижущая сила (“Э.М.Ф.”), был изобретен английским физиком Джоном Д. Дэниеллом (1790-1845). В этой ячейке раствор сульфата меди, содержащий медный электрод, приводится в контакт (посредством пористой стенки или перегородки — обычно неглазурованной фарфоровой чашки) с раствором сульфата цинка, содержащим цинковый электрод. Цинковый электрод отрицателен по отношению к медному. На каждом электроде существует разность потенциалов между раствором и электродом.[16] Два электрода соединены снаружи проводом, электрический ток будет протекать по проводу от меди к цинку, и цинк будет растворяться на аноде (положительный полюс), а медь осаждаться на катоде (отрицательный полюс). Считается, что ток в этом случае, как и в предыдущем, вырабатывается *напряжением*, а элемент является первичной батареей. Электрическое воздействие и *электролиз* — процесс химического разложения (или диссоциации соединений или молекул) — под действием электрического тока, вырабатываемого извне (например, динамо-машиной) и пропускаемого через элемент, являются по существу идентичными явлениями и подчиняются одним и тем же законам.[17]

Знакомый *сухой отсек* не содержит жидкости, которая могла бы пролиться, и очень полезен для определенных целей, например, в автомобилях и при управлении дверными звонками. Это всего лишь гальванический элемент, химическое содержимое которого становится

практически твердым (или пастообразным) за счет использования некоторых абсорбентов, таких как желатин, опилки и т.д. В камерах типа Лекланше смесь парижской штукатурки, муки и нашатырного спирта заменяет раствор, который химически воздействует на один из содержащихся в нем металлов. При израсходовании сухой элемент необходимо заменить совершенно новым элементом. Два или более сухих элемента составляют сухую *батарею*.

Мы видели, что существует два типа заряженных тел, знакомыми примерами которых являются заряженное стекло и заряженный шелк. Именно Дюфэ (1699-1739) открыл, что существуют два вида электричества, одно из которых он назвал *стекловидным* (от стекла), а другое *смолистым* (от смолы—янтаря). Термины “положительный” и “отрицательный” по отношению к электричеству были впервые применены Бенджамином Франклином в 1756 году. Электричеству стеклянной палочки Франклин дал название “положительное”, а электричеству сургуча (или твердой резины, янтаря и т. Д.) - “отрицательное”. Эти названия сейчас используются повсеместно, хотя французские физики все еще говорят о стекловидном и смолистом электричестве.

Я говорил также о положительном полюсе (или электроде) и отрицательном полюсе (или электроде). Электроды, составляющие два полюса тока, также называются анодом и катодом, причем первый является положительным электродом, а второй - отрицательным электродом.[\[18\]](#)

Когда стало известно, что электрические заряды можно различать двумя противоположными терминами — положительным и отрицательным, — естественно было предположить, что существуют два различных вида электричества, или “флюидов”. Такой точки зрения придерживался французский химик Дюфэ. Но немецкий электрик Эйпинус (1724-1802) в своей великой пионерской работе “*Tentamen Theoriae Electricitatis et Magnetismi*” (Попытка создать теорию электричества и магнетизма — 1759) рассмотрел математические следствия гипотезы о единой жидкости, притягивающей всю материю, но отталкивающей саму себя. Однако вскоре стало очевидно, что он должен предположить либо существование двух электрических жидкостей, либо взаимное отталкивание материальных частиц. Он выбрал последнюю теорию. Он объяснил феномен противоположных полюсов как результат избытка или недостатка “магнитной жидкости”, которая вытеснялась и накапливалась в концах тела за счет отталкивания его собственных частиц и притяжения железа и стали, как в случае индуцированного электричества.[\[19\]](#)

Эпин, который, несомненно, был одним из величайших физиков восемнадцатого века, разработал метод исследования природы электричества в любой части поверхности тела, с помощью которого он мог установить его распределение. Он обнаружил, что это распределение согласуется с притяжением и отталкиванием, которые объекты оказывают, когда они находятся по соседству — “электрической атмосферой” — наэлектризованных тел. Сегодня мы говорим, что такие тела наэлектризованы индукцией.

Эпинская теория электричества и магнетизма была модифицирована и представлена в новой форме (в 1788 году) Кулоном, с двумя жидкостями вместо одной. Его первой задачей, прежде чем свести теорию к вычислениям, было определить закон действующих сил — его не удовлетворило, например, предположение Ньютона о том, что сила притяжения магнетизма обратно пропорциональна кубу расстояния. Майер в 1760 году и Ламберт несколькими годами позже обнаружили, что этот закон равен закону обратного квадрата. Кулону требовалось

экспериментальное подтверждение этого закона, прежде чем принимать его как установленный. Это он обеспечил с помощью своих торсионных весов (около 1784 года).[\[20\]](#)

Именно в ходе этого исследования Кулон впервые выявил тот факт, что направляющие магнитные силы, которые земля оказывает на стрелку, являются постоянной величиной, параллельны магнитному меридиану и проходят через одну и ту же точку стрелки, независимо от ее положения.

Барлоу, принявший гипотезу о двух жидкостях, показал, что магнитные "жидкости" собирались на поверхности сфер (из железа), причем поверхность была единственной частью, в которой можно было обнаружить какой-либо магнетизм. Он продемонстрировал, что железная оболочка производит тот же эффект, что и твердый шар того же диаметра. Более поздний анализ Пуассона (1824) показал, что этого следовало ожидать. Мерц хорошо сказал, что то, что Лаплас сделал для Ньютона, было сделано Пуассоном (1781-1840) "для элементарного закона электрического и магнитного действия Кулона и в еще большем масштабе Гауссом, который разработал математическую теорию и применил ее к случаю распределения магнитного поля на поверхности Земли. В Англии, еще до публикации исследований Кулона, Кавендиш аналогичным образом путем сочетания эксперимента и расчетов установил элементарные формулы и свойства электрических явлений".[\[21\]](#)

Бенджамин Франклин, первый американец, получивший международную известность как ученый, принял и развил "одножидкостную теорию электричества". Исходя из этого предположения, части жидкости отталкиваются друг от друга, и избыток жидкости на одной поверхности стекла, например, отталкивает жидкость от другой поверхности. Сама жидкость рассматривалась Франклином как положительная, часть другого (отрицательного электричества) принималась обычной материей, частицы которой, как предполагалось, отталкивали друг друга и притягивали положительную жидкость, точно так же, как это делали частицы отрицательной жидкости в теории двух жидкостей.

Как в двухжидкостной, так и в одножидкостной теориях, как мы видели, частицы положительной жидкости отталкиваются друг от друга силами, изменяющимися обратно пропорционально квадрату расстояния между ними — как показано и Эйнусом, и Кулоном. Это верно и для частиц отрицательной жидкости. Частицы положительной жидкости притягивали частицы отрицательной жидкости. Согласно теории Франклина об одной жидкости, именно обычные частицы материи притягивали положительную жидкость и отталкивали друг друга. Обе теории по самой своей природе подразумевают, как давно указал сэр Дж. Дж. Томсон (1906), идею действия на расстоянии.

В своей очень интересной книге "Материя и энергия" (1912) профессор Содди говорит: "Все электрические явления могут быть объяснены как на основе одноступенчатой, так и на основе двухступенчатой идеи, но наше невежество в настоящее время относительно того, существуют ли два вида электричества или один, является фундаментальным. До тех пор, пока этот вопрос не будет решен, надежды на то, что с помощью изучения электричества мы сможем прийти к философскому объяснению материи, скорее всего, окажутся необоснованными".

Наш современный взгляд на электрификацию имеет большое сходство с теорией Франклина об одной жидкости, независимо от того, предполагаем ли мы, что существует один вид электричества или два. В любом случае, если и существует такая отдельная сила или такие

единицы энергии, как “положительное” электричество, то оно никогда не было изолировано, в отличие от отрицательных атомов или электронов. Отрицательная электризация - это всего лишь совокупность этих отрицательных частиц или единичных зарядов. Частицы “электрической жидкости” Франклина соответствуют этим электронам.

“Вместо того, чтобы считать, как это делал Франклин, электрическую жидкость положительным электричеством, мы принимаем ее за отрицательное”, - говорит Дж. Дж. Томсон в своей “Корпускулярной теории материи” (1906). И “перенос электрификации из одного места в другое осуществляется этим движением частиц от места, где наблюдается усиление положительной электрификации, к месту, где наблюдается усиление отрицательной. Положительно наэлектризованное тело - это то, которое потеряло часть своих телец”.^[22]

СНОСКИ:

[14] Джинс, Дж. Х., “Электричество и магнетизм”, стр. 483, 1911.

[15] Бенджамин Франклин был первым, кто показал (в письме Питеру Коллинсону, написанном 19 октября 1752 года), что молния и электричество - это одно и то же. Он также был изобретателем громоотвода.

[16] “Потенциал” аналогичен уровню (или давлению) в гидростатике или механике.

[17] Для дальнейшего объяснения см. Шипли, Мейнард, “Абс электронной теории материи”, серия Little Blue Book, № 603.

[18] См. в этой связи Шипли, *Указ. соч.*

[19] Очень похожая гипотеза была прочитана перед Королевским обществом Генри Кавендишем в 1771 году, поскольку работа Эпина в то время была ему неизвестна.

[20] С помощью этого прибора можно точно измерить мельчайшие силы, такие как электростатическое или магнитное притяжение и отталкивание, путем кручения (поворота или перекручивания) проволоки или нити накала, причем угол кручения пропорционален величине прилагаемой силы.

[21] Мерц, Генри, “История европейской мысли в девятнадцатом веке”, том. I, стр. 362.

[22] О недавней работе по современной теории электричества см. Старлинг, Сидни Г. (заведующий кафедрой физики муниципального колледжа Вест Хэма, Лондон), “Электричество”, Лондон, 1922. О пионерской работе Ампера читайте в его “Теории электродинамических явлений”, 1826.

ГЛАВА 5 СОВРЕМЕННАЯ МАГНИТНАЯ ТЕОРИЯ

Мы уже показали, как магнетизм магнита преобразуется в электричество с помощью вращающихся катушек, перерезающих силовые линии магнитного поля. Энергия,

используемая для приведения в действие оборудования, может, конечно, быть получена либо за счет энергии воды, либо за счет пара. Сила тяжести придает энергию падающей воде; химическая энергия, образующаяся при окислении угля, превращается в тепловую энергию, которая, в свою очередь, вызывает расширение пара, который производит энергию движения впоршне; и это движение, передаваемое частям двигателя к динамо-машине, производит электрическую энергию. Когда электрический ток от динамо-машины подведен по кабелям к любой желаемой точке, другой двигатель, действующий в противоположном направлении, заставляет электричество снова превращаться в исходную механическую энергию за вычетом потерь из-за недостатков в работе. Таким образом, здесь мы имеем четкое представление о том, что подразумевается под фразой "*трансформация энергии*".

Но на этом этапе естественно возникает другой вопрос. Мы знаем, что при конечном количестве магнетизма мы можем производить неограниченное количество электричества. Тем не менее, мы не добавляем никакого нового материала, никакого источника снабжения к динамо-машине. Позвольте вращающимся катушкам продолжать перерезать силовые линии в магнитном поле, и магнетизм магнита будет преобразован в ток электричества, обеспечивая буквально неисчерпаемый запас из великого хранилища природы. Для нас энергия Вселенной бесконечна в количестве. Резервуар энергии неисчерпаем, а динамо-машина - это сезам, открытый человеком.

Но именно здесь возникает очень интересный вопрос: полностью ли объясняется неиссякаемая подача электрического тока при расходовании ограниченного количества магнетизма, если сказать, что это происходит из-за вращательного движения катушки? Может ли простое вращение металла в магнитном поле на самом деле *создать* бесконечный запас доступной энергии? Маловероятно! Как говорит доктор Гюстав Лебон Уэлл: "Такая метаморфоза была бы такой же чудесной, как превращение свинца в золото простым встряхиванием его в бутылке. Необходимо искать другое толкование этого явления".

Теперь известно, что электрический ток представляет собой поток электронов (отрицательных зарядов), текущих вдоль проводника или в нем; а электрон — это атом-*энергии*. Но где хранилась эта энергия? "Во всепроникающем эфире", - говорят многие физики. "Эфира нет", - говорят другие. Электромагнитное поле представляет собой накопление энергии в *пространстве*, а не в универсальном, непостижимом, парадоксальном виде, называемом "эфир".

Поле *энергии* понятно. Оно заменяет концепцию действия на расстоянии и эфира. Нет необходимости постулировать "эфир" как носитель энергии поля в пространстве. Это его собственный носитель. "Энергия - это единственная реально существующая сущность, первичная концепция, которая существует для нас, потому что наши чувства реагируют на нее" (Штайнмец).

"Силовые линии, - говорит доктор Н. Р. Кэмпбелл, знаменитый английский физик, - это просто силовые линии, независимые в силу своего существования от всех окружающих тел, и больше о них сказать нечего.... Наша электрическая теория, далекая от того, чтобы обеспечить дополнительную поддержку концепции эфира, заполняющего все пространство, вообще не требует такой концепции".

Доктор Лебон находит неиссякаемый источник электричества внутри атомов. По словам Штейнмеца, атомы в одном фунте земли содержат достаточно энергии, чтобы запустить все фабрики, мельницы, железные дороги и т.д., а также осветить все города и деревни Соединенных Штатов в течение месяца. “Это могло бы, ” утверждает он далее (“Теория относительности и космос”, стр. 45), “обеспечить топливом самый большой трансатлантический лайнер на 300 рейсов из Америки в Европу и обратно. И если бы эту энергию одного фунта грунта можно было высвободить мгновенно, она была бы равна по разрушительной силе более чем миллиону тонн динамита ”.

Из приведенного выше утверждения мы можем хорошо понять интерпретацию работы динамо-машины доктором Лебоном: “Поскольку материя легко диссоциируется и представляет собой огромный резервуар внутриатомной энергии, достаточно признать, что силовые линии, за которые цепляется проводящее тело (катушки), которое перерезает их и заставляет течь в форме электрического тока, постоянно заменяются за счет внутриатомной энергии. Поскольку последнее относительно практически неисчерпаемо, один магнит может обеспечить почти бесконечное количество силовых линий”.

Можно показать, что кинетическая энергия вещества весом в один килограмм (2,2 фунта) составляет около 9000 миллионов миллионов килограмм-метров, или 25 тысяч миллионов киловатт-часов (киловатт-час = 1000 ватт-часов). Другими словами, это означает, что количество энергии в атомах 2,2 фунта обычного вещества в тысячи миллионов раз превышает энергию равного количества угля, *выделяющегося при химическом сгорании*.

Оценивая общую энергию, потребляемую в течение года на земле для производства тепла, света, электроэнергии и т.д., примерно в 15 миллионов миллионов (= 15 000 000 000 000 000) киловатт-часов, Штайнмец говорит нам, что 600 килограммов, или менее двух третей тонны, “грязи”, если бы ее можно было разложить в энергию, обеспечили бы все потребности в тепле, свете и энергии всей земли в течение года.

Несколько выдающихся физиков в настоящее время специализируются на проблеме того, как высвободить внутриатомную энергию и контролировать ее для использования человеком - или злоупотреблений. Принимая во внимание нынешний интеллектуальный, моральный и экономический статус наших “лидеров мысли” и их последователей, и помня, что один фунт обычной почвы содержит внутриатомную энергию, равную по разрушительной силе более чем миллиону тонн динамита, давайте надеяться, что секрет высвобождения внутриатомной энергии и “контроля” над ней не будет открыт в наши дни.

ГЛАВА 6

ДОКАЗАТЕЛЬСТВО ТОГО, ЧТО ЭЛЕКТРОНЫ ЯВЛЯЮТСЯ АТОМАМИ ЭЛЕКТРИЧЕСТВА

ЭФФЕКТ ЗЕЕМАНА

Генрих Герц продемонстрировал в 1887 году, что он может создавать в “эфире” — или, по крайней мере, в пространстве — то, что сейчас известно как “беспроводные волны”, позволяя электрическому заряду колебаться взад и вперед. Лармор и Лоренц в то же время пытались

сформулировать теорию, которая объясняла бы возникновение гораздо более коротких световых волн.

Лоренц предположил, что каждый атом содержит одну или несколько бесконечно малых частиц, или электрических зарядов (электронов), чрезмерно быстрые колебания которых вызывают испускание световых лучей. Максвелл показал, что между светом и электричеством должна существовать тесная связь, и эта теория была превращена в доказуемый факт благодаря работе Герца.

Фарадей был твердо убежден в том, что существует аналогичная связь между светом и магнетизмом. В 1845 году он поместил блок из очень плотного стекла между полюсами самого мощного электромагнита, производимого в то время. Прежде чем включить выключатель, он позволил лучу света пройти через стекло, создавая “поляризацию” — модификацию световых лучей в результате их отражения (в данном случае от кристаллического вещества), придающую лучу определенное направление — плоскость вибрации или плоскость поляризации. Когда выключатель был замкнут, позволяя течь электрическому току, который создавал магнитное поле, луч света “вращался”. То есть луч света был “плоскополяризован” кристаллом и “вращался” магнитным полем; то есть теперь превратился в два луча с “круговой поляризацией”, один из которых направлен влево, а другой - вправо (в направлении стрелок часов).

Это можно было объяснить только на основе теории о том, что на свет влияет магнетизм, поскольку луч вращался не только стеклом — само по себе очень важное открытие. Но эксперимент не дал Фарадею ответа на вопрос, который занимал его больше всего: а именно, может ли магнитное поле изменять скорость вибрации светоизлучающей частицы? То есть, по сути, может ли магнитное поле заставить луч света сместить свое обычное место в спектре?

Только в 1862 году, через семнадцать лет после только что описанного эксперимента, Фарадей попытался решить эту важную теоретическую проблему. Теперь он поместил натриевое пламя перед щелью спектроскопа, которое обычно дает две характерные желтые линии (D-линии спектра), и наблюдал их с помощью лучшего спектроскопа, имевшегося в его распоряжении, в самом мощном электромагнитном поле, которое он мог создать. Никаких отклонений от нормы обнаружить не удалось. Другие наблюдатели попробовали провести тот же эксперимент, но с отрицательными результатами. Мы знаем, что его теория была хорошо обоснована, и что только отсутствие лучшего спектроскопа и более мощного магнита помешало ему открыть то, что сейчас известно как эффект Зеемана — открытие, которое уже пролило поток света на ряд сложных физических проблем.^[23]

Работая с гораздо более мощным аппаратом, но следуя тому же методу процедуры, который использовал бессмертный Фарадей, доктору Питеру Зееману из Лейдена удалось в 1896 году экспериментально продемонстрировать тесную связь между светом и магнетизмом. Доктор Х. А. Лоренц, в то время профессор физики Лейденского университета, а ныне специалист по математической физике в Физической лаборатории Нормана Бриджа, Пасадена, Калифорния, предсказал природу ожидаемого изменения спектральных линий, и это знание было использовано доктором Зееманом для проверки своих результатов.

Используя решетку Роуланда вместо менее эффективного призмного спектроскопа, доктор Зееман обнаружил, что при подаче относительно слабого электрического тока две натриевые линии просто расширялись. В еще более мощном магнитном поле каждая из линий распадалась на две или три составляющие, когда силовые линии были параллельны линии визирования.^[24] Более того, лучи компонентов каждой линии “не были лучами естественного света”, но были “поляризованы характерным образом”, то есть были циркулярно поляризованы в противоположных направлениях — “направление вибрации простым образом зависело от направления магнитных силовых линий”.^[25]

Тот же эффект был получен совсем недавно в случае спектральных лучей почти — если не совсем — всех других элементов. Процесс, описанный доктором Джорджем Эллери Хейлом, очень прост: “Мы помещаем нашу железную руду или искру между полюсами мощного магнита и фотографируем его спектр. Линии ведут себя самым разнообразным образом, некоторые распадаются на тройки, другие - на четверки, квинтуплеты, секступлеты и т.д. Одна хромовая линия разделяется магнитом на двадцать один компонент.... Расстояние между компонентами линии прямо пропорционально напряженности магнитного поля”.^[26]

Значение этого расщепления и поляризации световых лучей в магнитном поле состоит в том, что, как и предсказывал Лоренц, в светящейся паре присутствуют вибрирующие частицы, отрицательно заряженные, или “электроны”. Измерение расстояний между компонентами тройной линии показывает связь между зарядом и массой частиц.^[27]

Интересно добавить, что возмущения в магнитном поле, наблюдаемые Зееманом, были точно такими, какие были рассчитаны Лоренцем чисто теоретически, и с помощью этого метода была найдена масса электрона, равная $1/1840$ массе атома водорода. Другим методом сэра Дж. Дж. Томсон получил значение $1/1800$ массы атома водорода; в то время как доктор Роберт А. Милликен с помощью своих знаменитых “электрических весов” вывел значение $1/1845$ массы атома водорода.^[28]

В своей монографии 1913 года Зееман отметил, что открытия в области оптики “мы всегда можем лелеять надежду, что они в конечном итоге приведут к применению в астрономии”. Что касается изучения солнечных явлений и эффекта Зеемана, то эта надежда полностью оправдалась, и предпринимаются попытки распространить применение этого метода исследования на другие звездные тела. Говоря об общей ценности открытия Зеемана, доктор Хейл пишет: “Сложные явления эффекта Зеемана (выявленные в ходе сравнительного исследования линий длинного списка элементов с помощью мощных спектрографов и интенсивного магнитного поля) предоставляют материал, доступный для широкого обобщения, важный в своем отношении к теориям излучения и атомной структуры” (Указ. соч., стр. 36).

Открытие Хейлом и его коллегами из Маунт-Уилсона эффекта Зеемана в солнечных пятнах привело к очень важному выводу, что эти возмущения представляют собой вращающиеся вихри электронов, создающие магнитное поле. “Сила создаваемого магнитного поля, которая измеряется степенью разделения тройных линий, увеличивается с увеличением диаметра пятна.... Давно известно, что солнечные пятна обычно возникают парами, и наше исследование эффекта Зеемана показывает, что два основных пятна в такой группе почти неизменно противоположной полярности” (Хейл, Указ. соч., стр. 28-31).

Теперь известно, что солнце, как и Земля, является магнитом, общее магнитное поле которого примерно в 80 раз интенсивнее, чем у земли. На расстоянии от земли магнитное поле солнца не заметно, “поскольку воздействие одного полюса противодействует равному и противоположному воздействию другого полюса”.

Если бы не наши знания об эффекте Зеемана, до сих пор не было бы известно наверняка, что солнце представляет собой огромный магнитный шар, поскольку этот факт нельзя было бы считать источником гравитационной силы солнца. “В самом деле”, - говорит доктор Хейл,^[29] “его притяжение не может ощущаться самыми тонкими приборами на расстоянии от земли, и оно все еще было бы неизвестно, если бы не влияние магнетизма на свет. Полярные сияния, магнитные бури и такие электрические токи, как те, которые недавно вывели из строя несколько атлантических кабелей, обусловлены не магнетизмом солнца или его пятен, а, вероятно, потоками электронов, вылетающих из сильно возмущенных участков солнечной поверхности, окружающих большие солнечные пятна, пересекающих 93 миллиона миль космического эфира и проникающих глубоко в атмосферу Земли ”.

С помощью знаменитого 150-футового башенного телескопа на горе Уилсон, который в фиксированной точке в лаборатории создает изображение солнца диаметром около шестнадцати дюймов, магнитные явления солнечных пятен изучаются с большим успехом, увеличенные солнечные пятна делают возможным раздельное наблюдение их различных частей. “Этот анализ проводится с помощью спектроскопа длиной 80 футов, установленного в подземной камере под башней”. Таким образом, режиссер Хейл сделал очень важное открытие о том, что все солнце, вращающееся вокруг своей оси, является огромным магнитом. “Следовательно, - говорит доктор Хейл, - мы можем обоснованно заключить, что каждая звезда и, вероятно, каждая планета также являются магнитами, какими, как известно, является землясо времен ‘De Magnete’ Гилберта. Барнетту удалось создать магнетизм путем быстрого вращения металлических масс в лаборатории” (Хейл, “Новые небеса”, стр. 69-70).

Совсем недавно (октябрь 1922 г.) Хейл, Эллерман и Николсон из обсерватории Маунт Уилсон обнаружили *невидимые* солнечные пятна, ища свидетельства эффекта Зеемана в перспективных областях, таких как области хлопьевидных частиц после большого пятна. “Специальный поляризационный аппарат позволяет обнаруживать очень малые магнитные поля по попеременному расширению железной триплетной лямбды 6173 в красный и фиолетовый цвета”, - говорят Хейл и Адамс (“Резюме годовой работы на горе Уилсон”, Публикации Тихоокеанского астрономического общества, октябрь 1922 г., стр. 269-70 [Vol. XXXIV, № 201]). “Результаты подтверждают мнение о том, что пятно представляет собой вихрь, который становится видимым только тогда, когда охлаждение из-за расширения (газов) достаточно велико, чтобы вызвать ощутимое уменьшение яркости фотосферы”.

Из сказанного очевидно, что желание доктора Зеемана применить результаты своего открытия к изучению астрономических проблем было полностью реализовано.

ЭФФЕКТ СТАРКА

Предсказание Лоренца относительно влияния сильного магнитного поля на спектральные лучи и движения электронов в поле было так блестяще подтверждено Зееманом, что оставалось выяснить, какой эффект, если таковой вообще будет, окажет электрическая сила на световые лучи.

Ответ на этот вопрос был дан проф. Йоханнес Штарк в Экс-ла-Шапель в 1913 году искусно продемонстрировал электрическое разложение спектральных лучей водорода, гелия и лития.[30]

Задача Старка была более сложной, чем у Зеемана, из-за того, что ему приходилось иметь дело с люминесцентными газами, которые, будучи проводниками, истощают электрическое поле почти до того, как можно будет провести какие-либо наблюдения, даже поспешно. Это условие порождает трудности в связи с применением электрического поля. Но они были очень изобретательно решены с помощью высокоэвакуированных трубок и света, испускаемого “канальными лучами” — положительно заряженными частицами, подобными альфа-лучам.[31] Там, где лучи выходят из перфорированного электрода (или “канала”), электропроводность слабая, и Старк смог применять интенсивные электрические поля в небольшом пространстве. Затем было обнаружено, что производимые рассеянные лучи спектра подвергались сильному влиянию, в то время как “острые” лучи оказывались в меньшей степени.

Внимательный читатель заметит, что этот результат резко контрастировал с *магнитным* разложением, полученным в эксперименте Зеемана, в котором лучи не отличались друг от друга по степени своего разложения. Во всех деталях существует различие между электрическим и магнитным разложениями, и аналогия существует только в этом, а именно в том, что в обоих случаях были получены поляризованные лучи. В обоих случаях полученные результаты были вызваны нарушением *движения электронов*, что приводило к расширению, смещению или другим модификациям спектральных законов. Оба “эффекта” подтверждают теоретическую точку зрения Максвелла, а именно, что свет - это электромагнитное явление.

Таким образом, на знаменитый вопрос Фарадея более чем утвердительный ответ: скорость колебаний “атомов” (электронов) изменяется не только под действием магнитного поля, но и под действием электростатического поля, вызывающего *разложение* определенных спектральных линий, которые обычно *поляризованы*, как в эффекте Зеемана.

В результате своих интенсивных исследований эффекта Зеемана доктор Анри А. Деландрес, директор Астрофизической обсерватории в Медоне (южный пригород Парижа), предложил новую общую формулу, которая представляет собой последовательное соотношение составляющих линий и головок полос как для спектров излучения, так и для спектров поглощения. Согласно его экспериментально выведенному закону, “источник этого излучения может быть найден в поперечных и продольных колебаниях атомов”.

Оплакиваемый доктор П. С. Эпштейн, одаренный ученик Зоммерфельда, который, как и Мозли, пал мучеником в мировой войне, преуспел в применении квантовой динамики к эффекту Штарка, благодаря чему наблюдаемые движения электрона при образовании Н—бета (сине—зеленой) и Н-гамма (фиолетовой) линий “объясняются с большой точностью” (Лоринг, “Атомные теории”, стр. 67).

В заключение можно сказать, что наиболее многообещающие попытки полностью объяснить явления эффектов Зеемана и Штарка, по-видимому, предпринимаются с точки зрения квантовой теории света Планка. С другой стороны, следует признать, что, насколько я могу установить, не было предложено ни одной теории, объясняющей все рассматриваемые явления.

СНОСКИ:

[23] Хорошее изложение основных результатов, касающихся эффекта Зеемана, см. фон Ауэрбах, Феликс, “Современный магнетик”, Лейпциг, 1921. Превосходный отчет о квантовой обработке эффекта Зеемана можно найти в главе XV (Серия спектров) книги доктора Н. Р. Кэмпбелла “Современная электрическая теория, дополнительные главы”, издательство Кембриджского университета, 1921.

[24] Кажется, что это явление ранее наблюдал М. Фьевез. (Ср. Майкельсон, доктор Альберт А., “Световые волны и их использование”, стр. 107.) “Он думал, что каждая отдельная линия была удвоена или учетверена”. Локьер в 1866 году заметил, что некоторые линии в спектре солнечных пятен были расширены. Проф. Чарльз Янг и У. М. Митчелл заметили, что некоторые линии были даже двойными, но никто не подозревал, что эти явления были вызваны сильным магнитным полем в солнечных пятнах, вызванным вихревым движением свободных электронов. На самом деле Митчелл называл дублеты “разворотами”.

[25] Zeeman, “Les Lignes Spectrales et les Theories Modernes,” Scientia, January 1, 1921, Page 18 (Vol. XIX, № CV—I).

[26] Хейл, “Десять лет работы горной обсерватории”, страницы 29-30, Вашингтон, Округ Колумбия (Вашингтонский институт Карнеги), 1915. Смотрите также, Бэбкок, Гарольд Д., “Эффект Зеемана для хрома”, Материалы обсерватории Маунт-Уилсон, том. II, статья № 52; также “Соответствие между эффектом Зеемана и смещением давления в спектрах железа, хрома и титана”, Артур С. Кинг, цитата из журнала, статья № 46; и “Эффект Зеемана на Солнце”, Адриан ван Маанен, Публикации Тихоокеанского астрономического общества, стр. 24, том. XXXIV, № 197 (февраль 1922 г.).

[27] Зееман, Лок. цит. по, стр. 18. Смотрите также классическую монографию того же автора “Исследования в области магнитооптики”, Лондон, 1913.

[28] Милликен, Physical Review, 2, 143 (1913); “Электрон”, 1917 (исправленное издание, 1924). См. также, Труды Национальной академии наук, 3, 314 (1917).

[29] “Новые небеса”, стр. 70, Нью-Йорк, 1922.

[30] Cf. Stark, “Die Atomionen chemische Elemente und ihre Kanastrahlenspektren,” Berlin, 1913. See also, “Elektrische Spektralanalyse chemischen Atome,” Leipsic, 1914.

[31] Названный “канальными лучами” немецким физиком Евгением Гольдштейном, который в 1886 году впервые получил их с помощью перфорированного катода; то есть он использовал металлическую трубку в качестве катода, через которую проходили лучи, названные Гольдштейном “каналом”.

ГЛАВА 7

ОТКРЫТИЕ БЕСПРОВОЛОЧНОГО ТЕЛЕГРАФА

Экспериментальная основа для открытия беспроводного телеграфа была заложена исследованиями Фарадея.[32]

Приняв физические взгляды Фарадея за отправную точку, Джеймс Клерк Максвелл (1831-1879), профессор экспериментальной физики Кембриджского университета, начал (около 1860 г.) разработку своих конструктивных рассуждений в области теории электричества, кульминацией которых стала общепринятая ныне электромагнитная теория света.[33]

Через четырнадцать лет после публикации классического трактата Максвелла Генриху Герцу (1859-1894) — блестящему ученику Гельмгольца (1821-1894) — удалось получить электрические разряды из лейденской банки, колебания которой, в свою очередь, породили электромагнитные волны гораздо большей длины, чем любые ранее известные.[34]

Герц продемонстрировал также, что скорость распространения этих волн была такой же, как у световых волн - приблизительно 186 000 миль в секунду, что примерно в семь раз превышает длину окружности Земли за одну секунду. Было показано, что единственное различие между волнами Герца (“беспроводными”), например, и световыми волнами, заключается в их соответствующей длине или, наоборот, в их частоте колебаний в секунду. Позже Герц продемонстрировал, что эти невидимые волны, создаваемые лейденским сосудом, могут отражаться, преломляться и поляризовываться, как в случае с гораздо более короткими световыми волнами или лучами.[35] Эти результаты были предсказаны Максвеллом.

Этим великим открытием был заложен фундамент беспроводной телеграфии и телефонии, поскольку Герц открыл то, что сейчас известно как “беспроводные” или радиоволны, которым, возможно, суждено произвести революцию в наших методах получения энергии для машин и транспорта, поскольку они уже произвели революцию в наших методах связи. Герц сделал больше, чем это, поскольку его исследования сделали возможным гораздо более удовлетворительное исследование структуры атомов.

“Если бы нас попросили выбрать одну дату, которая выделяется более заметно, чем другие, в приобретении нами знаний, касающихся структуры материи, - говорит доктор Альберт К. Крехор, - это могла бы быть эпохальная работа Герца”. [36]

Хотя верно, что волны, которые открыл и измерил Герц, “отличаются от световых волн только длиной волны или периодом колебаний и качеством”, с другой стороны, разница в длине волн настолько велика, что до сих пор не было разработано прибора для измерения или обнаружения волн длиной в метры по сравнению со световыми волнами длиной всего в ничтожную долю сантиметра.

Задачей Герца — следуя предсказанию Максвелла — было разработать прибор, который обнаруживал бы волны, не воспринимаемые одними нашими органами чувств. Для этой цели он использовал простую проволочную петлю со сведенными близко друг к другу концами, каждый из которых заканчивался металлическим шариком. Когда эти шарики почти соприкасались, было видно, как между шариками пробежала небольшая электрическая искра, когда приводился в действие “генератор” — устройство, используемое для генерации колебательных токов, или электрических волн, высокой частоты.[37]

Герц не только доказал, что скорость электрических волн такая же, как Света, и что они подпадают под определенные условия, для “вмешательства”, как и световые волны, но он также преуспел в деле измерения длины волн, образующихся на его сырой аппарат. Это было достигнуто путем создания так называемых “стоячих волн”, аналогичных звуковым волнам, производимым органом-трубой. Медленно перемещая свой детектор вдоль провода, Герц

заметил, что искра появлялась при достижении определенного интервала пространства, и по мере того, как он продолжал перемещать детектор, искры исчезали и появлялись снова на определенных расстояниях. Он справедливо пришел к выводу, что эти точки исчезновения и повторного появления искры соответствуют узлам и петлям “стоячих волн”, представляющих длину волны электрических колебаний.

С тех пор было установлено, что разница в длине волны между электрическими колебаниями, производимыми Герцем, и колебаниями световых волн может быть огромной или довольно умеренной. Профессор Майкельсон говорит нам, что “телеграфная волна”, которая практически является электромагнитным возмущением, может достигать длины 1000 миль. Волны, создаваемые колебаниями конденсатора, такого как банка Лидена, могут достигать 100 футов; волны, создаваемые генератором Герца, могут достигать одной десятой дюйма. Между этой и самой длинной световой волной нет огромного промежутка, поскольку последняя имеет длину около $1/1000$, дюймов. Таким образом, разница между колебаниями Герца и самой длинной световой волной меньше, чем разница между самой длинной и самой короткой световыми волнами, поскольку некоторые из самых коротких колебаний имеют длину всего в несколько миллионных долей дюйма. Несомненно, даже этот разрыв вскоре будет преодолен. [38]

Аппарат Герца был значительно усовершенствован Огюстом Риги из Болонского университета. В том же классе физики учился Маркони, который начал свои плодотворные эксперименты в 1895 году, через год после того, как сэр Оливер Лодж усовершенствовал когерер. Когерер Лоджа, используемый Маркони в его ранних работах, состоял из стеклянной трубки, содержащей в равных частях щепотку никелевых и серебряных опилок. Каким бы грубым ни был этот детектор, если судить по современным стандартам, он существенно улучшил проводимость контактных металлов в случае волн Герца.

В 1899 году была установлена беспроводная связь через Ла-Манш, а в 1902 году Маркони отправил первое беспроводное сообщение из Англии в Америку. Сегодня беспроводные волны длиной в несколько миль от гребня к гребню используются для передачи сообщений из точек, разделенных тысячами миль, а человеческий голос уже передается через Атлантику по радиотелефону, но только в одном направлении.

Беспроводная передающая и принимающая станция правительства Нидерландов в Кутмике, провинция Гелдерланд, оборудована для использования волны длиной 12 000 метров при одновременной отправке и приеме сообщений между Голландией и Явой, находящимися на расстоянии 7500 миль. Она имеет ту же пропускную способность, что и наша станция на Лонг-Айленде (Роки-Пойнт), и поэтому является одной из крупнейших в мире.

19 декабря 1922 года Э. Х. Колпиттс из Western Electric Company продемонстрировал Обществу западных инженеров фонограф дальнего действия, который записывает звуки, издаваемые на расстоянии сотен миль. Передача электроэнергии по радио - это пока всего лишь мечта; но это мечта, которая может осуществиться в течение ближайших пяти лет. [39]

В настоящее время сигналы принимаются со станций, расположенных на расстояниях до 12 000 миль, что стало возможным, как полагают, благодаря существованию электропроводящего слоя — наэлектризованной пыли, выбрасываемой солнцем, — глубиной около 150 миль, изгиб радиоволн вокруг земли вызван дифракцией. По словам профессора Дж. А. Флеминга (Пятая лекция Генри Трумэна Вуда перед Королевским обществом искусств, Лондон, 1922), действует

какой-то неизвестный фактор, придающий сигналам силу, в миллионы раз превышающую ту, которую в настоящее время может объяснить любая правдоподобная теория.

Неразумно предполагать, что никаких других электромагнитных волн еще не обнаружено. Мы все еще можем слышать “рев солнечных пятен”, хотя эксперименты Эдисона в этом направлении оказались безуспешными. Что, в самом деле, представляли собой таинственные “сигналы”, о которых время от времени сообщалось, что они принимались беспроводными станциями Маркони — зарегистрированные, как сообщалось в прессе, “только тогда, когда была установлена минимальная длина волны в шестьдесят пять миль”, — как не волны, исходящие от могущественного солнца, находящегося на расстоянии 93 000 000 миль? Однако Маркони сообщает нам, что один из “сигналов” поступает в виде трех коротких ударов — “S” азбукой Морзе. Он считает, что эти “сигналы” могли быть отправлены с Марса или Венеры. Подобные таинственные “сигналы” были зарегистрированы беспроводными станциями в разных частях света во время расположения Марса в августе 1924 года.

“Помимо радиоволн, которые распространяются повсюду, могут быть сотни других, которые мы пока не смогли зарегистрировать.... От солнца к нам может приходить множество других волн, о которых мы сегодня ничего не знаем.... Человеческое ухо не может слышать менее восьми колебаний в секунду и не выше примерно 30 000 колебаний в секунду. Определенные животные могут слышать ниже и выше этой шкалы. Определенные исследования с помощью наших электронных ламп показывают, что при частоте ниже восьми колебаний в секунду возникает огромное количество шума, и еще больше шума при частоте выше 30 000 колебаний. В этих двух направлениях лежат совершенно новые миры, о которых сегодня ничего не известно. Вакуумная трубка, вероятно, разгадает эти тайны и перенесет нас в неизведанные миры, далеко в неизвестное, в течение ближайших нескольких лет ”.[40]

В марте 1922 года покойный доктор Чарльз П. Штайнмец сказал, что он считает вполне обоснованным предположение о том, что маломощные радиопередающие устройства при передаче сообщений на неожиданные расстояния указывают на то, что излучения, характерные для беспроводной передачи, с одинаковой легкостью проходят как через землю, так и через “эфир”.

Такое излучение соответствовало бы принятым электрическим законам, поскольку земля, к которой подключены как передающие антенны, так и приемный комплект, действовала бы как обратная цепь для тока. Точно так же вода может служить средством радиосвязи между кораблями или между кораблями и сушей.

Более того, в том же месяце было объявлено, что беспроводная телефония произвела революцию благодаря успешной работе дуплексных передатчиков, которые только что завершила компания General Electric. Разговоры велись между Нью-Йорком и пассажирами на борту парохода “Америка”, который в то время находился на расстоянии 360 миль от берега.

Трехэлектродный аудион, или вакуумная трубка, был усовершенствован в 1912 году, сделав возможной радиотелефонию. В 1921 году Реджинальду А. Хейзингу, молодому физика, получавшему степень магистра наук в Университете Висконсина, пришла в голову блестящая идея поместить в вакуумную трубку количество энергии, вырабатываемой голосом, а затем вывести ее многократно усиленной в виде высокочастотной мощности в антенне. Эту проблему

он вскоре решил, поскольку речь шла о принципе системы модуляции, и в 1922 году практическая проблема была решена, а метод практически доведен до совершенства.

Все эти великие утилитарные достижения стали возможными благодаря исследованиям людей, заинтересованных в развитии знаний ради них самих. Как недавно было отмечено доктором Хейлом (“Новые небеса”, стр. 87-88), “Фарадей, изучая законы электричества, открыл принципы, которые сделали возможным динамо-машину. Максвелл, Генри и Герц, одинаково равнодушные к материальной выгоде, сделали возможным беспроводный телеграф.... Беспроводная телефония и трансконтинентальная телефония без проводов стали возможными благодаря исследованиям природы электрического разряда в электронных лампах”.

В интервью в декабре 1922 года доктор Никола Тесла высказал свое мнение, основанное на экспериментах, уже проведенных в его собственной лаборатории в Нью-Йорке, о том, что энергия, передаваемая в космос по радио, скоро будет использоваться во всех сферах деятельности в мире.

“Помимо преодоления огромных расстояний в полете и общения по беспроводной связи, - сказал он, - современная наука охватит всю землю с помощью энергии, передаваемой по воздуху по радио. Самолеты, корабли и поезда не будут перевозить топливо, а будут работать за счет передаваемой энергии. Благодаря беспроводному питанию никто — исследователи, путешественники, отдыхающие на природе — не должен быть отрезан от цивилизации и ее удобств”.

“И не только это, но мы будем видеть на больших расстояниях с помощью беспроводной энергии. И встреча с нашими соседями за океаном приведет к объединению социального и политического мира”.

СНОСКИ:

[32] Смотрите его “Экспериментальные исследования в области электричества”, серию “Библиотека обывателя”.

[33] Максвелл, Джеймс Клерк, “Трактат об электричестве и магнетизме”, 1873.

[34] Теоретическое исследование режима разряда конденсатора было проведено сэром Уильямом Томсоном (впоследствии лордом Кельвином) в 1853 году в журнале *Philosophical Magazine* за июнь того же года.

[35] Когда все атомы и молекулы вещества вибрируют в одной плоскости, например, как если бы на этой странице была нарисована плоскость цепочки волн, говорят, что волна *поляризована*. Обычно световые лучи исходят от частиц, вибрирующих в разных плоскостях; они могут быть вертикальными или горизонтальными, или диагональными, или они могут двигаться по изогнутой траектории — кругам или эллипсам. Обычные световые вибрации смешаны вместе, вибрируя во всех плоскостях, и требуются специальные устройства - “поляризаторы” — для того, чтобы отделить какую-то одну конкретную вибрацию от остальных.

[36] Крехор, доктор Альберт К., “Тайна материи и энергии”, стр. 28, Нью-Йорк, 1917.

[37] Посредством индукционной катушки, подключенной к цепи, содержащей выводы емкости, образуя таким образом “колебательный контур”.

[38] Майкельсон, доктор А. А., “Световые волны и их использование”, страницы 160-61. Разрыв был ликвидирован в течение 1924 года, когда были измерены тепловые волны такой большой длины, что они сливались в самые короткие волны Герца, или “беспроводные” волны.

[39] Смотрите интересную статью по этому вопросу в журнале "Наука и изобретения", декабрь 1922 г., стр. 744 (Том X, целиком, № 116).

[40] Гернбек Х., передовая статья в журнале "Наука и изобретения", декабрь 1922г.

Примечания переписчика

на стр. 24 Изменено: проводящая пластина в непосредственной близости от магнита
на: проводящая пластина в непосредственной близости от магнита
на стр. 25 Изменено: был подвержен воздействию обычного магнита
на: был подвержен воздействию обычного магнита